

# Detecção de chuvas convectivas: comparação radar-satélite

Graziela Balda St  
Thelma  
Egidi  
Meiry Sayuri Sak  
Nelson Jesus F

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

## Abstract

A procedure is developed to digitally composite imagery from METEOSAT-3 and radar in a common coordinate system for São Paulo region. First, the radar cartesian coordinates data are transformed into mercator coordinates and then are transformed into satellite coordinate. The discrimination of rain versus non rain areas is presented as an example of this application.

## 1 - Introdução

Nos últimos anos tem ocorrido um crescente interesse pelo uso de radares meteorológicos no Brasil. Como já existem radares operando no Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina e Ceará. Basicamente estes radares estão sendo utilizados para suportar diversos setores produtivos tais como a agricultura e hidrologia. Esta área é relativamente pequena. Entretanto, uma área bem maior poderia ser adequadamente monitorada com a utilização de radares e satélite meteorológicos. Técnicas desse tipo vem sendo utilizadas com sucesso em diversos países do mundo (Reynolds e Smith, 1979 e Doneaud et al., 1987). Neste caso, a idéia é "expandir" a área de atuação dos radares através de calibrações com satélites meteorológicos. Isto é feito ajustando-se espacial as radiâncias dos sensores a bordo dos satélites e as taxas de precipitação dos radares num mesmo sistema de referência e na mesma resolução. Com o intuito de introduzir esta metodologia no Brasil, este trabalho apresenta resultados preliminares desta integração para a região Sudeste utilizando-se informações do radar de São Paulo e do satélite METEOSAT-3.

## 2 - Metodologia

Neste estudo foram utilizados dados tipo CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) do Radar Meteorológico de São Paulo, que está localizado no Município de Biritiba-Mirim a cerca de 100 Km da cidade de São Paulo. Para a comparação com dados de radar meteorológico utilizaram-se imagens do canal infravermelha do satélite METEOSAT-3 com resolução espacial plena, sem amostragem onde a área de cada pixel corresponde a aproximadamente 5 km x 5 km. Definiu-se a área de atuação do radar de São Paulo para serem gravadas as imagens necessárias para este estudo.

Os dados CAPPI fornecidos pelo radar meteorológico de São Paulo são apresentados em coordenadas cartesianas enquanto os dados das imagens do satélite METEOSAT-3 são apresentados em coordenadas de satélite. De modo a comparar pixel a pixel os dados de fontes distintas, foi implementada uma rotina computacional em linguagem C para transformar os dados de radar no mesmo sistema de coordenadas dos dados de satélite. Esta rotina possui duas etapas, a transformação dos dados de radar em coordenadas Mercator (latitude-longitude) e posteriormente a transformação destes dados para coordenadas de satélite.

Optou-se pela projeção Mercator, porque ela é especialmente conveniente para o mapeamento das regiões equatoriais pois sua distorção é mínima em ambos os lados do equador. Determinado o tipo de projeção, definiu-se a figura geométrica que melhor se aproxima do formato da Terra. Esta figura é a elipsóide. A elipsóide a ser utilizada neste trabalho, que melhor representa a área entre os trópicos e o equador, é o I.U.G.G. 67 (Pearson II, 1990).

Segundo Snyder (1983), as equações da transformação inversa necessitam de uma interação convergente para determinar a latitude mas para se evitar a interação nestes cálculos utiliza-se uma série de Taylor é utilizada. Para calcular longitude, lon, a equação utilizada é:

$$\text{lon} = \lambda/a + (\text{lat})_0 \quad (2.1)$$

onde:

$(\text{lat})_0$  é a latitude do ponto y;

a é o semi-eixo maior da elipsóide; e

$\lambda$  determina os pontos paralelos ao meridiano central em coordenadas cartesianas.

Desta forma, são calculadas as coordenadas de cada ponto dos dados de radar, tendo como ponto inicial a latitude e longitude do radar de São Paulo. O próximo passo é a conversão das latitudes e longitudes para a projeção do satélite. Para isso, é importante ter uma navegação precisa para as imagens de satélite (Heymsfield et al., 1983).

Resolução do satélite Meteosat-3 é de 5 km no ponto subsatélite, enquanto a do radar é de 2 km, não se pode comparar diretamente os dados destes sistemas. Devido a curvatura da Terra, nem sempre o número de pixels será o mesmo para que as áreas sejam equivalentes. Para superar essa dificuldade, será desenvolvido um programa para determinar o número de pixels de radar,  $n$ , equivalente a cada pixel do Meteosat. A moda desses  $n$  valores será usada como valor do pixel do radar.

A sobreposição pode ser utilizada para vários fins meteorológicos como a determinação da temperatura que apresenta o melhor desempenho estatístico na determinação das áreas com e sem precipitação. Para isso foi criado um algoritmo computacional em Fortran 77 para uma estação de trabalho SUN que assume os dados de radar como dados terrestres. Para avaliar a sobreposição dos dados de radar e satélite foram aplicadas as técnicas utilizadas por Tsanis (1988). Assume-se como área de precipitação o número de pontos que estão envolvidos na delimitação dos pontos em estudo.

As estatísticas podem ser utilizadas para avaliar o método de estimativa da área usando dados de satélite. Normalmente são definidas as variáveis usadas nas equações de estimativa da área.

- 1) número de pontos corretamente classificados como não precipitação;
- 2) número de pontos incorretamente classificados como não precipitação (perdidos);
- 3) número de pontos incorretamente classificados como precipitação (alarme falso);
- 4) número de pontos incorretamente classificados como precipitação (alarme falso);
- 5) número de pontos corretamente classificados como precipitação (acerto);
- 6) área de precipitação delimitada pelo satélite, expressa por:

$$A_s = R_n + R_r \quad (2.2)$$

onde:  $A_s$  = área de precipitação delimitada pelo radar.

Assim, as estatísticas que foram utilizadas são apresentadas a seguir.

1) A probabilidade de detecção (PDD) definida como:

$$PDD = R_r / A_r \quad (2.3)$$

2) A razão de alarme falso (RAF) definida como:

$$RAF = 1 - (R_r / A_s) \quad (2.4)$$

3) O erro percentual,  $f$ , definido como:

$$f = (N_r + N_n) / (N + R) \quad (2.5)$$

onde:

$$R = R_r + R_n \quad (2.6)$$

$$N = N_r + N_n \quad (2.7)$$

Um método perfeito dará como resultado,  $PDD = 1$ ,  $RAF = 0$  e  $f = 0$ . Entretanto, nenhuma destas estatísticas pode ser considerada como a mais representativa do sucesso pois cada uma delas dá informação adicional sobre o sucesso da delimitação da área de precipitação, a partir dos dados de satélite (Tsanis e Isaac, 1985).

Para determinar o sucesso da obtenção da temperatura limiar utilizou-se a seguinte função:

$$((0-RAF)^2 + (1-PDD)^2 + (0-f)^2) = 0 \quad (2.8)$$

### 3 - Resultados e conclusões

A sobreposição dos dados de radar e satélite foi aplicada para o dia 6 de fevereiro de 1994 às 6:00 GMT (correspondente às 4:00 horas local no horário de verão) na região de São Paulo. A figura 3.1, apresenta (a) os dados de radar em coordenadas cartesianas; (b) a imagem METEOSAT-3; e (c) os dados de radar obtidos através da moda dos pontos adjacentes.

Aos dados de radar obtidos através da moda dos pontos adjacentes e a imagem da área de atuação do radar aplicou-se o programa estatístico para determinar a temperatura que melhor discrimina as áreas com e sem precipitação. Este programa utilizou uma faixa de temperatura de 100 a 280 K. Este intervalo engloba as temperaturas limiares encontradas por Adler e Negri (1988) e Negri e Adler (1993). O resultado do programa da estatística de sobreposição mostrou que a função 2.8 apresenta um mínimo em 215 K. Este mínimo é relativo a temperatura que melhor discrimina as áreas com e sem precipitação. Verificou-se que para este exemplo, a temperatura encontrada não é similar às temperaturas encontradas para os estudos anteriormente mencionados. A sobreposição pode ser utilizada para outros fins como para determinar as áreas de precipitação convectiva, estratiforme e nuvens cirrus, e previsão de tempo de curto prazo. Atualmente, está sendo desenvolvido um estudo para determinar a temperatura limiar para o estado de São Paulo, esta temperatura será utilizada para a adaptação da técnica CST (Convective Stratiform Technique) (Adler e Negri, 1988).

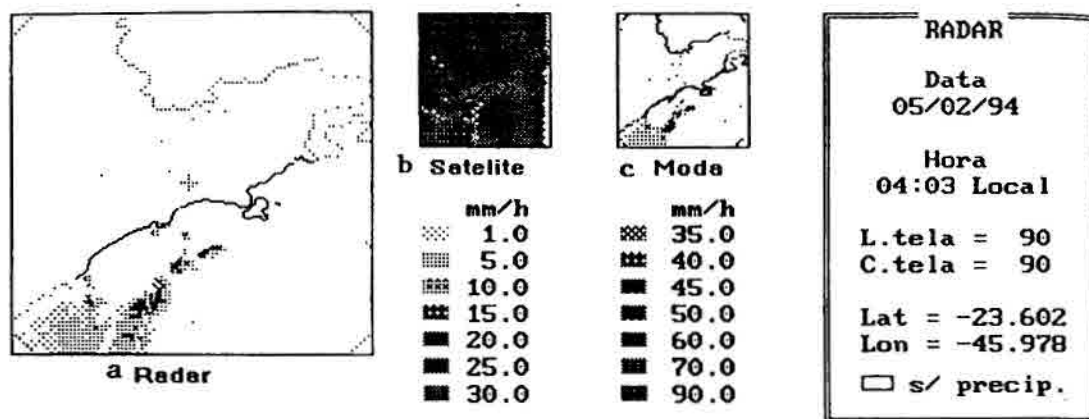


Fig. 3.1 - Sobreposição do CAPPI obtido pelo radar meteorológico de São Paulo das 4:03 h e imagem METEOSAT das 6:00 GMT do dia 6 de fevereiro de 1994. (a) Dados de radar em coordenadas cartesianas; (b) imagem de satélite e (c) dados de radar em coordenadas de satélite.

Aos dados de radar obtidos através da moda dos pontos adjacentes e a imagem da área de atuação do radar aplicou-se o programa estatístico para determinar a temperatura que melhor discrimina as áreas com e sem precipitação. Este programa utilizou uma faixa de temperatura de 100 a 280 K. Este intervalo engloba as temperaturas limiares encontradas por Adler e Negri (1988) e Negri e Adler (1993). O resultado do programa da estatística de sobreposição mostrou que a função 2.8 apresenta um mínimo em 215 K. Este mínimo é relativo a temperatura que melhor discrimina as áreas com e sem precipitação. Verificou-se que para este exemplo, a temperatura encontrada não é similar às temperaturas encontradas para os estudos anteriormente mencionados. A sobreposição pode ser utilizada para outros fins como para determinar as áreas de precipitação convectiva, estratiforme e nuvens cirrus, e previsão de tempo de curto prazo. Atualmente, está sendo desenvolvido um estudo para determinar a temperatura limiar para o estado de São Paulo, esta temperatura será utilizada para a adaptação da técnica CST (Convective Stratiform Technique) (Adler e Negri, 1988).

## Agradecimentos

Agradecemos ao CTH (Centro Tecnológico de Hidráulica) pelo fornecimento dos dados de radar. Este trabalho foi parcialmente suportado pelo CNPq e pela Universidade de Washington, projeto EOS.

## Bibliografia utilizada

- Adler, R.F.; Negri, A.J. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 27:30-51, Jan. 1988.
- Doneaud, A.D., Miller, J.R.; Johnson, L.R.; Haar, Vonder Haar, T.H., Laybe, P. The area-time-integral technique to estimate convective rain volumes over areas applied to satellite data - a preliminary investigation. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 26:156-169 Jan. 1987.
- Reynolds, D.W.; Smith, E.A. Detailed analysis of composited digital radar and satellite data. *Bulletin American Meteorology Society*, 60 (9): 1024-1037, Sep. 1979.
- Negri, A.J., Adler, R.F. An intercomparison of three satellite infrared rainfall techniques over Japan and Surrounding Waters. *J. Appl. Meteor.*, 32:357-373, Feb. 1993.
- Pearson II, F. Conformal projections. In: **Map projections: theory and applications**. Florida, CRC, 1990. cap. 5 p.181-2001.
- Snyder, J.P. Map Projections used by the U.S. Geological Survey. Geological Survey Bulletin 1532. 2 ed. United State Government Printing Office, Washington, 1983.
- Tsonis, A.A.; Isaac, G.A. On a new approach for instantaneous rain area delineation in the mid-latitudes using GOES data. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 24:1208-1218, Nov. 1985.
- Tsonis, A.A. Single thresholding and rain area delineation from satellite imagery. *J. Appl. Meteor.*, 27:1302-1306, Nov. 1988.